

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2002年 9月 9日
Date of Application:

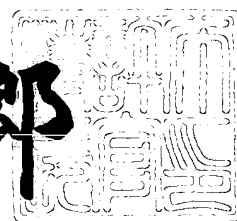
出願番号 特願2002-263341
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP2002-263341]

出願人 日本板硝子株式会社
Applicant(s):

2003年 7月10日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3055700

【書類名】 特許願

【整理番号】 PY20021631

【提出日】 平成14年 9月 9日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 27/30

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区北浜四丁目 7 番 2 8 号 日本板硝子
株式会社 内

【氏名】 武藤 康史

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区北浜四丁目 7 番 2 8 号 日本板硝子
株式会社 内

【氏名】 佐藤 芳郎

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区北浜四丁目 7 番 2 8 号 日本板硝子
株式会社 内

【氏名】 安田 良英

【特許出願人】

【識別番号】 000004008

【氏名又は名称】 日本板硝子 株式会社

【代理人】

【識別番号】 100068755

【弁理士】

【氏名又は名称】 恩田 博宣

【選任した代理人】

【識別番号】 100105957

【弁理士】

【氏名又は名称】 恩田 誠

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 002956

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9908293

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 マイクロレンズアレイ、マイクロレンズアレイを用いた光モジュール、及び光モジュールの位置決め方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 透明なレンズ基板の一端面の内側或いは外側に複数のマイクロレンズが形成されたマイクロレンズアレイであって、

前記レンズ基板の他端面を前記一端面に対して傾いた傾斜面とし、前記複数のマイクロレンズを、該マイクロレンズの各光軸が前記一端面および前記傾斜面とそれぞれ交差する 2 つの交点間の基板厚さがマイクロレンズごとに異なるように配列したことを特徴とするマイクロレンズアレイ。

【請求項 2】 前記複数のマイクロレンズは、前記基板厚さが異なる方向に一行に配置されていることを特徴とする請求項 1 に記載のマイクロレンズアレイ。

【請求項 3】 前記複数のマイクロレンズは、2 次元にマトリクス配置されていることを特徴とする請求項 1 に記載のマイクロレンズアレイ。

【請求項 4】 請求項 1 又は 2 に記載のマイクロレンズアレイと 1 本の光ファイバとを備え、前記マイクロレンズアレイと前記光ファイバとが所望のレンズ・光ファイバ間距離で位置決めされるマイクロレンズアレイを用いた光モジュールであって、

前記複数のマイクロレンズのうち、前記基板厚さが最適な基板厚さに最も近くなるいずれか一つを選択し、該選択した一つのマイクロレンズに対して前記光ファイバが位置決めされることを特徴とするマイクロレンズアレイを用いた光モジュール。

【請求項 5】 請求項 1 又は 3 に記載のマイクロレンズアレイと、光ファイバアレイとを備え、前記マイクロレンズアレイと前記光ファイバアレイとが所望のレンズ・光ファイバ間距離で位置決めされるマイクロレンズアレイを用いた光モジュールであって、

2 次元にマトリクス配置された前記マイクロレンズのうち、基板厚さが最適な基板厚さに最も近くなるいずれか一行のマイクロレンズを選択し、該選択した一

列のマイクロレンズに対して前記光ファイバアレイが位置決めされることを特徴とするマイクロレンズアレイを用いた光モジュール。

【請求項 6】 透明なレンズ基板の一端面の内側或いは外側に複数のマイクロレンズが形成され、その他端面を前記一端面に対して傾いた傾斜面としたマイクロレンズアレイと光ファイバとを所望のレンズ・光ファイバ間距離で位置決めする光モジュールの位置決め方法であって、

・前記複数のマイクロレンズを、該マイクロレンズの各光軸が前記一端面および前記傾斜面とそれぞれ交差する 2 つの交点間の基板厚さが異なるように配列するステップと、

前記複数のマイクロレンズのうち、基板厚さが最適な基板厚さに最も近くなるいずれか一つのマイクロレンズを選択するステップと、

該選択した一つのマイクロレンズに対して前記光ファイバを位置決めするステップとを備えることを特徴とする光モジュールの位置決め方法。

【請求項 7】 前記いずれか一つのマイクロレンズを選択するステップでは、前記基板厚さが最適な基板厚さに最も近くかつそれより短くなる一つのマイクロレンズを選択し、また、前記光ファイバを位置決めするステップでは、前記マイクロレンズと前記光ファイバとの距離が前記所望のレンズ・光ファイバ間距離になるまで、前記光ファイバを前記マイクロレンズの光軸方向に移動させて前記光ファイバを位置決めすることを特徴とする請求項 6 に記載の光モジュールの位置決め方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、マイクロレンズアレイ、マイクロレンズアレイを用いた光モジュール、及び光モジュールの位置決め方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、図 9 に示すように、端面が傾斜面 21a に研磨された光ファイバ（単一モード光ファイバ）21 と、透明なレンズ基板 22 の一端面 22a 側にマイクロ

レンズ 2 3 が形成され、その他端面を傾斜面 2 2 b に研磨した平板マイクロレンズ 2 4 とを備える光モジュールがある。このような光モジュールは、例えば、特願 2 0 0 2 - 0 3 7 1 3 9 号に記載されている。この光モジュールでは、図 1 0 に示すように、レンズ・光ファイバ間距離 L が所望の値になるように、平板マイクロレンズ 2 4 と光ファイバ 2 1 とが位置決めされる。

【0 0 0 3】

このような光モジュールは、2 組使うことでコリメータ光学装置として光通信分野に用いられる。すなわち、このコリメータ光学装置は、2 組の上記光モジュールの間に、光機能素子（例えば、光学フィルタ、光アイソレータ、光スイッチ、光変調器等）を挿入することにより、入射側の光ファイバを伝搬してきた光に所定の作用を及ぼしたのち、出射側の光ファイバに結合して伝搬させる機能を有する。

【0 0 0 4】

このようなコリメータ光学装置には、物理的な寸法が大きい光機能素子（例えば、大規模マトリックススイッチ等）を使用するためには、両光モジュール間でのコリメート長ができるだけ大きくかつ結合効率ができるだけ高いものが要求される。このような要求を満たすためには、上記光モジュールを製作する上で、マイクロレンズ 2 3 と光ファイバ 2 1 との間の距離、すなわちレンズ・光ファイバ間距離 L を所望の値に精度よく設定することが重要である。その距離 L が所望の値と十数 μm 違うと、最大コリメート長が異なってしまうので、その距離 L が所望の値になるように十分な配慮が必要とされる。

【0 0 0 5】

そこで、光ファイバ 2 1 と平板マイクロレンズ 2 4 とを、所望のレンズ・光ファイバ間距離 L で精度よく配置するために、図 1 1 に示すようにレンズ基板 2 2 A の厚さを厚くしたものがある（例えば、特願 2 0 0 2 - 0 3 7 1 3 9 号の図 1 参照）。また、同様の目的のために、図 1 2 に示すようにレンズ基板 2 2 に透明なスペーサ 2 5 を接合したものがある（例えば、特願 2 0 0 2 - 0 3 7 1 3 9 号の図 3 参照）。

【0 0 0 6】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、図 11 および図 12 に示す上記従来の光モジュールでは、所望のレンズ・光ファイバ間距離 L が得られるように、レンズ基板 22A やスペーサ 25 を切削し、研磨する等の加工をするが、いずれの光モジュールの場合にも、加工精度によりレンズ基板の厚さにバラツキが発生してしまう。これにより、モジュールのレンズ・光ファイバ間距離 L が製品ごとにばらつき、一定しないため、上記コリメータ光学装置を構成する場合に、最大コリメート長が目標値からずれてしまう。

【0007】

このため、図 11 および図 12 に示す上記従来の光モジュールでは、いずれの場合にも、レンズ基板の基板厚さ（図 12 の光モジュールでは、レンズ基板 22 の厚さとスペーサ 25 の厚さとの和）が変動する。このため、平板マイクロレンズ 24 の不良品率が増加し、その歩留まりが悪くなるおそれがある。また、レンズ基板の基板厚さを精度良く加工する必要があるため、平板マイクロレンズの製作コストが増大するおそれがある。

【0008】

本発明は、このような従来の問題点に着目してなされたもので、その目的は、歩留まりの向上と製作コストの低減を図るとともに、性能の向上を図ったマイクロレンズアレイ、マイクロレンズアレイを用いた光モジュール、及び光モジュールの位置決め方法を提供することにある。

【0009】**【課題を解決するための手段】**

上記課題を解決するため、請求項 1 に係る発明は、透明なレンズ基板の一端面の内側或いは外側に複数のマイクロレンズが形成されたマイクロレンズアレイであって、前記レンズ基板の他端面を前記一端面に対して傾いた傾斜面とし、前記複数のマイクロレンズを、該マイクロレンズの各光軸が前記一端面および前記傾斜面とそれぞれ交差する 2 つの交点間の基板厚さがマイクロレンズごとに異なるように配列したことを要旨とする。

【0010】

この構成により、複数のマイクロレンズの各光軸がレンズ基板の一端面および傾斜面とそれぞれ交差する2つの交点間の基板厚さがマイクロレンズごとに異なっているので、一つのレンズ基板で複数の基板厚さを選べる。これにより、(1) レンズ基板を交換せずに、最適な基板厚さを選択できる確率が増えるので、マイクロレンズアレイの不良品率が減少し、その歩留まりが向上する。(2) レンズ基板の加工精度を厳しくする必要がなくなるので、加工コストが低く抑えられ、その結果、マイクロレンズアレイの製作コストが低減される。(3) 光ファイバとの組合せにより光モジュールを構成する場合に、光モジュールの製品ごとにレンズ・光ファイバ間距離 L のばらつきが少なくなるので、2組の光モジュールを使ってコリメータ光学装置を構成する場合に、最大コリメート長の目標値からのずれが少なく、高性能の光モジュールが得られる。

【0011】

なお、ここにいう「最適な基板厚さ」とは、光ファイバ或いは光ファイバアレイとの組合せにより光モジュールを構成する場合、光ファイバとマイクロレンズとが所望のレンズ・光ファイバ間距離 L で位置決めされるようなレンズ基板の厚さをいう。

【0012】

請求項2に係る発明は、請求項1に記載のマイクロレンズアレイにおいて、前記複数のマイクロレンズは、前記基板厚さが異なる方向に一行に配置されていることを要旨とする。

【0013】

この構成により、1本の光ファイバとの組合せにより光モジュールを構成するのに適したマイクロレンズアレイが得られる。つまり、一行に配置した複数のマイクロレンズのいずれか一つを選択することで、1本の光ファイバに対して最適な基板厚さを、マイクロレンズアレイを交換せずに選択できる確率が増える。

【0014】

例えば、複数のマイクロレンズが3つの場合、真中にあるマイクロレンズに対応する前記基板厚さが加工精度により目標値からずれた場合でも、両側にあるいずれか一方のマイクロレンズを選ぶことで、マイクロレンズアレイを交換せずに

最適な基板厚さを選択できる確率が増える。

【0015】

請求項3に係る発明は、請求項1に記載のマイクロレンズアレイにおいて、前記複数のマイクロレンズは、2次元にマトリクス配置されていることを要旨とする。

【0016】

この構成により、複数本の光ファイバを有する光ファイバアレイとの組合せにより光モジュールを構成するのに適したマイクロレンズアレイが得られる。つまり、マトリクス配置された複数のマイクロレンズは、各列ごとに基板厚さが異なっているので、いずれか一列のマイクロレンズを選択することで、複数本の光ファイバに対して最適な基板厚さを、マイクロレンズアレイを交換せずに選択できる確率が増える。

【0017】

例えば、列ごとに基板厚さが異なるようにマイクロレンズが3列に配置されている場合で説明する。この場合、真中の列にある各マイクロレンズに対応する前記基板厚さが加工精度により目標値からずれた場合でも、両側のいずれか一方の列を選ぶことで、マイクロレンズアレイを交換せずに最適な基板厚さを選択できる確率が増える。

【0018】

請求項4に係る発明は、請求項1又は2に記載のマイクロレンズアレイと1本の光ファイバとを備え、前記マイクロレンズアレイと前記光ファイバとが所望のレンズ・光ファイバ間距離で位置決めされるマイクロレンズアレイを用いた光モジュールであって、前記複数のマイクロレンズのうち、前記基板厚さが最適な基板厚さに最も近くなるいずれか一つを選択し、該選択した一つのマイクロレンズに対して前記光ファイバが位置決めされることを要旨とする。

【0019】

この構成により、複数のマイクロレンズのいずれか一つを選択することで、1本の光ファイバに対して最適な基板厚さを、マイクロレンズアレイを交換せずに選択できる確率が増える。

【0020】

請求項5に係る発明は、請求項1又は3に記載のマイクロレンズアレイと、光ファイバアレイとを備え、前記マイクロレンズアレイと前記光ファイバアレイとが所望のレンズ・光ファイバ間距離で位置決めされるマイクロレンズアレイを用いた光モジュールであって、2次元にマトリクス配置された前記マイクロレンズのうち、基板厚さが最適な基板厚さに最も近くなるいずれか一行のマイクロレンズを選択し、該選択した一行のマイクロレンズに対して前記光ファイバアレイが位置決めされることを要旨とする。

【0021】

この構成により、2次元にマトリクス配置された複数のマイクロレンズのうちいずれか一行を選択することで、光ファイバアレイに対して最適な基板厚さを、マイクロレンズアレイを交換せずに選択できる確率が増える。

【0022】

請求項6に係る発明は、透明なレンズ基板の一端面の内側或いは外側に複数のマイクロレンズが形成され、その他端面を前記一端面に対して傾いた傾斜面としたマイクロレンズアレイと光ファイバとを所望のレンズ・光ファイバ間距離で位置決めする光モジュールの位置決め方法であって、前記複数のマイクロレンズを、該マイクロレンズの各光軸が前記一端面および前記傾斜面とそれぞれ交差する2つの交点間の基板厚さが異なるように配列するステップと、前記複数のマイクロレンズのうち、基板厚さが最適な基板厚さに最も近くなるいずれか一つのマイクロレンズを選択するステップと、該選択した一つのマイクロレンズに対して前記光ファイバを位置決めするステップとを備えることを要旨とする。

【0023】

この構成により、複数のマイクロレンズの各光軸がレンズ基板の一端面および傾斜面とそれぞれ交差する2つの交点間の基板厚さがマイクロレンズごとに異なっているので、一つのレンズ基板で複数の基板厚さを選べる。これにより、(1) レンズ基板を交換せずに、最適な基板厚さを選択できる確率が増えるので、光モジュールを作製する際に、マイクロレンズアレイの不良品率が減少し、その歩留まりが向上する。(2) レンズ基板の加工精度を厳しくする必要がなくなるの

で、加工コストが低く抑えられ、その結果、光モジュールの製作コストが低減される。(3) 各光ファイバの製品ごとにレンズ・光ファイバ間距離 L のばらつきが少なくなるので、2組の光モジュールを使ってコリメータ光学装置を構成する場合に、最大コリメート長の目標値からのずれが少なく、高性能の光モジュールが得られる。

【0024】

請求項7に係る発明は、請求項6に記載の光モジュールの位置決め方法において、前記いずれか一つのマイクロレンズを選択するステップでは、前記基板厚さが最適な基板厚さに最も近くかつそれより短くなる一つのマイクロレンズを選択し、また、前記光ファイバを位置決めするステップでは、前記マイクロレンズと前記光ファイバとの距離が前記所望のレンズ・光ファイバ間距離になるまで、前記光ファイバを前記マイクロレンズの光軸方向に移動させて前記光ファイバを位置決めすることを要旨とする。

【0025】

この構成により、いずれか一つのマイクロレンズを選んでも最適な基板厚さを選択できない場合には、まず、基板厚さが最適な基板厚さに最も近くかつそれより短くなる一つのマイクロレンズを選択する。次に、マイクロレンズと光ファイバとの距離が所望のレンズ・光ファイバ間距離になるまで、光ファイバをマイクロレンズの光軸方向に移動させて光ファイバを位置決めする。これにより、光ファイバに対して最適な基板厚さを、マイクロレンズアレイを交換せずに選択できる。

【0026】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を具体化したマイクロレンズアレイを用いた光モジュールの各実施形態を図面に基づいて説明する。

【0027】

[第1実施形態]

図1及び図2は第1実施形態に係るマイクロレンズアレイを用いた光モジュール(以下、単に「光モジュール」という)を示している。この光モジュール30

は、マイクロレンズアレイとしての平板マイクロレンズアレイ 31 と単一モード光ファイバである光ファイバ 32 とを備えている。

【0028】

平板マイクロレンズアレイ 31 は、透明なレンズ基板 33 の一端面 33a の内側に 3 つのマイクロレンズ 34₁ ~ 34₃ が形成されたものである。レンズ基板 33 の他端面を一端面 33a に対して傾いた傾斜面 33b としてある。すなわち、レンズ基板 33 の一端面 33a は、マイクロレンズ 34₁ ~ 34₃ の各光軸に垂直な平坦面である。一方、レンズ基板 33 の傾斜面 33b は、反射光が光源側へ戻るのを防止するために、一端面 33a に対して所定角度、例えば 8° 傾くように研磨されている。

【0029】

また、平板マイクロレンズアレイ 31 にあっては、3 つのマイクロレンズ 34₁ ~ 34₃ を、各マイクロレンズの光軸がレンズ基板 33 の一端面 33a および傾斜面 33b とそれぞれ交差する 2 つの交点間の基板厚さが異なるように配列してある。

【0030】

すなわち、レンズ基板 33 の基板厚さは、傾斜面 33b により図 1 で上方へ向かうにつれて次第に大きくなる。このように基板厚さがマイクロレンズ 34₁ ~ 34₃ ごとに変化するように、3 つのマイクロレンズ 34₁ ~ 34₃ が一列に配置されている。ここでは、マイクロレンズ 34₁ は基板厚さの最も小さい個所に位置し、マイクロレンズ 34₃ は基板厚さの最も大きい個所に位置し、そして、マイクロレンズ 34₂ は基板厚さがその中間となる個所に位置している。これらのマイクロレンズ 34₁ ~ 34₃ は、イオン交換法により形成され、断面が略半円状の屈折率分布を有するレンズ領域である。

【0031】

光ファイバ 32 の出射端面 32a は、反射光が光源側へ戻るのを防止するために、コア中心軸に対して所定角度、例えば 8° 傾斜した傾斜面に研磨されている。この光ファイバ 32 は 1 本であり、キャピラリ 35 で保持されている。

【0032】

次に、平板マイクロレンズアレイ 31 と光ファイバ 32 とが所望のレンズ・光ファイバ間距離 L で位置決めされるように、光モジュール 30 を製作する手順、つまり光ファイバ 32 の位置決め方法について説明する。

【0033】

まず、レンズ基板 33 は、真中にあるマイクロレンズ 34₂ に対応する前記基板厚さが「最適な基板厚さ」となるように加工される。ここにいう「最適な基板厚さ」とは、光ファイバ 32 とマイクロレンズ 34₂ を同軸にし、光ファイバ 32 の出射端面 32a をレンズ基板 33 の傾斜面 33b に近接させた状態（図 1 参照）で、所望のレンズ・光ファイバ間距離 L が得られる基板厚さをいう。なお、所望のレンズ・光ファイバ間距離 L は、マイクロレンズの焦点距離 f にほぼ等しい値或いはそれより小さい値である。

【0034】

レンズ基板 33 は切削や研磨等により加工されるが、マイクロレンズ 34₂ に対応する基板厚さが最適な基板厚さになっており、レンズ・光ファイバ間距離 L となる位置に光ファイバ 32 が配置されているか否かは、最大コリメート長の測定値が目標値になっているか否かで確認できる。

【0035】

そこで、光ファイバ 32 を図 1 に示す位置に配置した状態で、最大コリメート長を測定し、測定値が目標値になっているか否かを判定する。その判定結果が YES、つまり測定値が目標値になっている場合には、光ファイバ 32 と平板マイクロレンズアレイ 31 のレンズ基板 33 とをその位置で一体化することで光モジュール 30 が出来上がる。

【0036】

一方、その判定結果が NO の場合には、光ファイバ 32 をレンズ基板 33 の傾斜面 33b に沿って上方或いは下方に平行移動させる。上記最大コリメート長の測定時に、光ファイバ 32 が、図 3 の二点鎖線で示すように、レンズ・光ファイバ間距離 L より短い距離 L' となる位置にある場合には、マイクロレンズ 34₃ を選択して同レンズと同軸になる位置まで光ファイバ 32 を上方へ平行移動させる。これにより、光ファイバ 32 をレンズ・光ファイバ間距離 L 或いは同距離 L

に近い位置に位置決めすることができる。この状態で、光ファイバ32と平板マイクロレンズアレイ31のレンズ基板33とをその位置で一体化することで光モジュール30が出来上がる。

【0037】

これとは逆に、上記最大コリメート長の測定時に、光ファイバ32が、レンズ・光ファイバ間距離Lより長い距離となる位置にある場合には、マイクロレンズ341を選択して同レンズと同軸になる位置まで光ファイバ32を下方へ平行移動させる。これにより、光ファイバ32をレンズ・光ファイバ間距離L或いは同距離Lに近い位置に位置決めすることができる。この状態で、光ファイバ32とレンズ基板33とをその位置で一体化することで光モジュール30が出来上がる。

【0038】

以上のように構成された第1実施形態によれば、以下の作用効果を奏する。

(イ) 3つのマイクロレンズ341～343の各光軸が一端面33aおよび傾斜面33bとそれぞれ交差する2つの交点間の基板厚さ(レンズ基板33の厚さ)がマイクロレンズごとに異なっている。このため、一つのレンズ基板33で寸法の異なる3種類の基板厚さを選ぶことができる。これにより、レンズ基板33を交換せずに、最適な基板厚さを選択できる確率が増えるので、平板マイクロレンズアレイ31の不良品率が減少し、その歩留まりが向上する。

【0039】

(ロ) レンズ基板33の加工精度を厳しくする必要がなくなるので、加工コストが低く抑えられ、その結果、平板マイクロレンズアレイ31の製作コストを低減することができる。

【0040】

(ハ) 光ファイバ32と平板マイクロレンズアレイ31の組合せにより光モジュール30を構成する場合に、光モジュール30の製品ごとにレンズ・光ファイバ間距離Lのばらつきが少なくなる。このため、2組の光モジュール30を使って上記コリメータ光学装置を構成する場合に、最大コリメート長の目標値からのずれが少なく、高性能の光モジュールが得られる。

【0041】**[第2実施形態]**

図4は第2実施形態に係る光モジュールを示している。この光モジュール30Aは、マイクロレンズアレイとしての平板マイクロレンズアレイ41と光ファイバアレイ42とを備えている。

【0042】

平板マイクロレンズアレイ41のレンズ基板43の一端面43aには、複数のマイクロレンズ34₁₁～34_{mn}が、2次元にマトリクス配置されている。すなわち、複数のマイクロレンズ34₁₁～34_{mn}を、第1列L1から第7列L7の各列ごとに基板厚さが異なるように、1列に10個ずつ、7列に配置してある。一方、光ファイバアレイ42は、5本の光ファイバ42₁～42₅と、これらの光ファイバを保持するキャピラリ45とを備えている。

【0043】

このような構成を有する光モジュール30Aを製作する手順、つまり光ファイバアレイ42の位置決め方法について説明する。

まず、光ファイバ42₁～42₅の出射端面をレンズ基板43の傾斜面43bに近づけ、この状態で最大コリメート長の測定値が目標値になっているか否かを確認しながら、その測定値が目標値になるように、光ファイバアレイ42を傾斜面43bに沿って図4のX方向に平行移動させる。

【0044】

このように前記測定値が目標値になるまで光ファイバアレイ42をX方向に平行移動させて、第1列L1から第7列L7の7列に配置したマイクロレンズ34₁₁～34_{mn}のうち、いずれか一列のマイクロレンズを選択する。

【0045】

次に、選択した一列のマイクロレンズ、例えば第3列L3のマイクロレンズに対して光ファイバアレイ42の各光ファイバ42₁～42₅を位置決めする。

次に、光ファイバアレイ42を平板マイクロレンズアレイ41に一体化することで、光モジュール30Aが出来上がる。

【0046】

以上のように構成された第2実施形態によれば、上記作用効果（イ）～（ハ）と同様の作用効果に加えて以下の作用効果を奏する。

（ニ）5本の光ファイバ421～425を有する光ファイバアレイ42との組合せにより光モジュールを構成するのに適した平板マイクロレンズアレイ41が得られる。

【0047】

（ホ）マトリクス配置された複数のマイクロレンズは、第1列L1から第7列L7の各列ごとに基板厚さが異なっているので、いずれか一列のマイクロレンズを選択することで、光ファイバ421～425に対して最適な基板厚さを、平板マイクロレンズアレイ41を交換せずに選択できる確率が増える。

【0048】

[第3実施形態]

図5は第3実施形態に係る光モジュールを示している。この光モジュール30Bは、マイクロレンズアレイとしての平板マイクロレンズアレイ41と1本の光ファイバ32とを備えている。また、この光モジュール30Bでは、上記第2実施形態において、レンズ基板43の斜線部を切断して、同レンズ基板の他端面を上記傾斜面43bに角度をつけた傾斜面43cとしてある。このため、光ファイバ32をその傾斜面43cに沿ってX方向およびY方向に平行移動させることにより、複数のマイクロレンズ3411～34mnのうち、基板厚さが最適な基板厚さになる一つのマイクロレンズを選択できるようになっている。

【0049】

この第3実施形態によれば、上記第2実施形態で得られる作用効果に加えて以下の作用効果を奏する。

（ヘ）前記測定値が目標値になるまで光ファイバ32を、傾斜面43cに沿ってX方向およびY方向に平行移動させることで、複数のマイクロレンズ3411～34mnの一つを選択して最適な基板厚さを選択できる。このため、基板厚さの選択範囲が増え、最適な基板厚さを選択できる確率がより一層増える。

【0050】

[第4実施形態]

図6は第4実施形態に係る光モジュールを示している。この光モジュール30Cは、レンズ基板33の一端面33aに非球面型凸レンズである5個のマイクロレンズ34₁～34₅を形成してある点でのみ、上記第1実施形態と異なる。したがって、第4実施形態によれば、上記第1実施形態と同様の作用効果を奏する。

【0051】

[光モジュールの位置決め方法]

次に、光モジュールの位置決め方法を、図7および図8に基づいて説明する。この説明で用いる光モジュール30Dは、レンズ基板33に複数のマイクロレンズとして5つのマイクロレンズ34₁～34₅を設けてある点でのみ図1に示す光モジュール30と異なる。

【0052】

図7に示す光モジュール30Dのレンズ基板33は、その中心、すなわちマイクロレンズ34₃に対応する基板厚さ（最適な基板厚さ）Dが、下記の式で求まる計算値になるように、その計算値を目標値として加工される。なお、下記の式による計算では、マイクロレンズ34₃の中心の屈折率分布型ロッドレンズnを1.523、その焦点距離fを700μm、使用波長λを1.55μm、そして、単一モード光ファイバである光ファイバ32のモードフィールド径wを5.25μmとしている。

【0053】

$$D = n(f + \pi w^2 / \lambda) = 1151.2 \mu\text{m}$$

こうして上式で求まる基板厚さの目標値Dが上記最適な基板厚さに相当する。

ここで、レンズ基板33の中心部の実際の基板厚さをD'とすると、基板厚さD'が、目標値Dである1151.2μmより厚い場合における光モジュールの位置決め方法を、図7に基づいて説明する。この説明では、実際の基板厚さをD'を例えば1176.6μmとしている。

【0054】

（ステップ1）まず、光ファイバ32を図7の二点鎖線で示すように中央のマイクロレンズ34₃と同軸になる位置に配置して、光ファイバ32の出射端面を

傾斜面 33b に近接させる。

【0055】

(ステップ2) この位置で、最大コリメート長を測定する。このとき、実際の基板厚さ D' は目標値 D より大きいので、その測定値は最大コリメート長の目標値にならない。

【0056】

(ステップ3) 次に、光ファイバ 32 がマイクロレンズ 342 と同軸になる位置まで、光ファイバ 32 を傾斜面 33b に沿って基板厚さが小さくなる方向 (図7では上方) へ平行移動させる。つまり、このステップでは、いずれか一つのマイクロレンズを選択する際に、基板厚さが最適な基板厚さ (目標値 D) に最も近くかつそれより短くなる一つのマイクロレンズ 342 を選択する。この状態を図7の実線で示してある。こうしてマイクロレンズ 342 を選択したときの基板厚さを例えば $1143.7\mu\text{m}$ とすると、この基板厚さは目標値 D よりも $7.5\mu\text{m}$ だけ小さい。

【0057】

(ステップ4) そこで、次に、光ファイバ 32 を図7に示す位置からマイクロレンズ 342 の光軸方向でレンズ基板 33 の傾斜面 33b から離れる方向に、 $7.5\mu\text{m}$ だけ移動させる。これによって、光ファイバ 32 は、最適な基板厚さである目標値 D の位置、つまり所望のレンズ・光ファイバ間距離 L の位置になり、この位置で光ファイバ 32 と平板マイクロレンズアレイ 31 とを一体化することで光モジュール 30D が出来上がる。

【0058】

次に、レンズ基板 33 の中心部の実際の基板厚さ D' が、目標値 D である $1151.2\mu\text{m}$ より薄い場合における光モジュールの位置決め方法を、図8に基づいて説明する。この説明では、実際の基板厚さを D' を例えば $1130.8\mu\text{m}$ としている。

【0059】

この場合には、光ファイバ 32 を中央のマイクロレンズ 343 と同軸に配置した位置から、マイクロレンズ 343 の光軸方向でレンズ基板 33 の傾斜面 33b

から離れる方向に、 $20.4\mu\text{m}$ だけ移動させる。これによって、光ファイバ32は、最適な基板厚さである目標値Dの位置、つまり所望のレンズ・光ファイバ間距離Lの位置になり、この位置で光ファイバ32と平板マイクロレンズアレイ31とを一体化することで光モジュール30Dが出来上がる。

【0060】

以上説明した光モジュールの位置決め方法によれば、次の作用効果を奏する。

複数のマイクロレンズ341～345のうち、いずれか一つのマイクロレンズを選んでも最適な基板厚さD（例えば $D=1151.2\mu\text{m}$ ）を選択できない場合でも、光ファイバ32に対して最適な基板厚さを、マイクロレンズアレイを交換せずに選択できる。

【0061】

[変形例]

なお、この発明は以下のように変更して具体化することもできる。

・図1に示す上記第1実施形態において、レンズ基板33に設けるマイクロレンズの数を「3」より多くしてもよい。この構成により、レンズ基板33を交換せずに、最適な基板厚さを選択できる確率をより増やすことができる。したがって、平板マイクロレンズアレイ31の不良品率がより一層減少し、その歩留まりがより一層向上する。

【0062】

・上記各実施形態において、レンズ基板33、43の傾斜面33b、43bの角度は、 8° に限らず、他の角度にしてもよい。その角度を、反射戻り光を防止できる範囲でできるだけ小さくするとともに、マイクロレンズの数を多くすることにより、複数のマイクロレンズから一つを選択することによる基板厚さの微調整をより細かくすることができる。

【0063】

・図4に示す上記第2実施形態では、光ファイバアレイ42には5本の光ファイバ421～425を設けてあるが、光ファイバの数は5本に限らず、適宜変更可能である。

【0064】

・図4に示す上記第2実施形態では、光ファイバアレイ42として、5本の光ファイバ42₁～42₅とを一行に配置したものを使用しているが、複数本の光ファイバを2行に配置した光ファイバアレイ42にも本発明は適用可能である。

【0065】

平板マイクロレンズアレイ41のレンズ基板43の一端面43aには、複数のマイクロレンズ34₁₁～34_{mn}が、2次元にマトリクス配置されている。すなわち、複数のマイクロレンズ34₁₁～34_{mn}を、第1列L1から第7列L7の各行ごとに基板厚さが異なるように、1行に10個ずつ、7行に配置してある。一方、光ファイバアレイ42は、5本の光ファイバ42₁～42₅と、

・図5に示す上記第3実施形態では、1本の光ファイバ32を設けてあるが、3本程度の光ファイバ32を用いることも可能である。

【0066】

・本発明は、上記各実施形態で示した平板マイクロレンズアレイに限らず、透明なレンズ基板の一端面がマイクロレンズの光軸に垂直な平坦面で、その他端面が傾斜面になっている透明なレンズ基板に複数のマイクロレンズを設けた平板マイクロレンズアレイに広く適用可能である。

【0067】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、次の効果が得られる。(1) レンズ基板を交換せずに、最適な基板厚さを選択できる確率が増えるので、マイクロレンズアレイの不良品率が減少し、その歩留まりが向上する。(2) レンズ基板の加工精度を厳しくする必要がなくなるので、加工コストが低く抑えられ、その結果、マイクロレンズアレイの製作コストが低減される。(3) 光ファイバとの組合せにより光モジュールを構成する場合に、光モジュールの製品ごとにレンズ・光ファイバ間距離Lのばらつきが少なくなるので、2組の光モジュールを使ってコリメータ光学装置を構成する場合に、最大コリメート長の目標値からのずれが少なく、高性能の光モジュールが得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 第1実施形態に係る光モジュールを示す概略構成図。

【図 2】 図 1 の A 矢視図。

【図 3】 図 1 の光モジュールの位置決め方法を示す説明図。

【図 4】 第 2 実施形態に係る光モジュールを示す概略構成図。

【図 5】 第 3 実施形態に係る光モジュールを示す概略構成図。

【図 6】 第 4 実施形態に係る光モジュールを示す概略構成図。

【図 7】 光モジュールの位置決め方法を示す説明図。

【図 8】 光モジュールの位置決め方法を示す説明図。

【図 9】 従来の光モジュールを示す概略構成図。

【図 10】 図 9 に示す光モジュールの位置決め状態を示す説明図。

【図 11】 別の従来例を示す概略構成図。

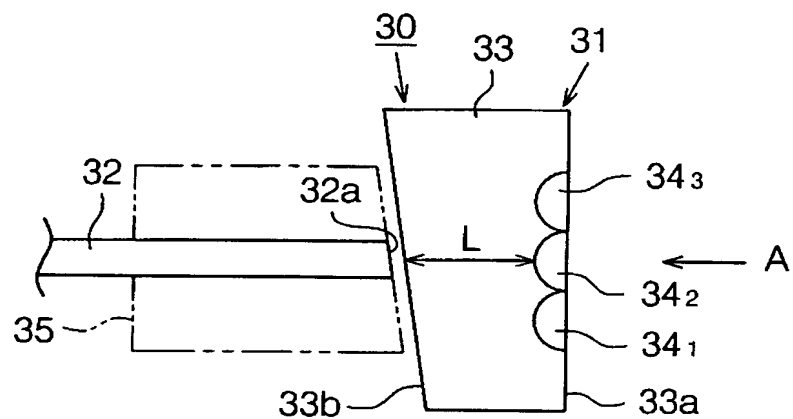
【図 12】 さらに別の従来例を示す概略構成図。

【符号の説明】

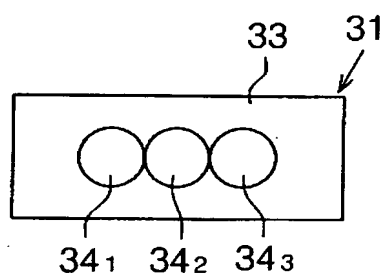
30, 30A, 30B, 30C, 30D……光モジュール、31, 41…平板マイクロレンズアレイ（マイクロレンズアレイ）、32, 42₁～42₅…光ファイバ、33, 43…レンズ基板、33a, 43a…一端面、33b, 43b, 43c…傾斜面、34₁～34₃, 34₁～34₅, 34₁₁～34_{mn}…マイクロレンズ、42…光ファイバアレイ、L…レンズ・光ファイバ間距離。

【書類名】 図面

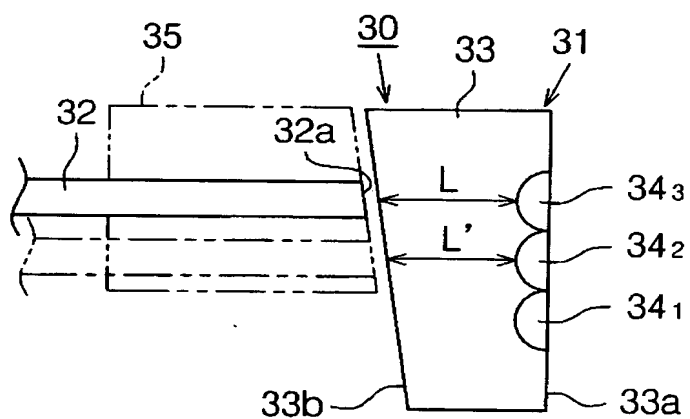
【図 1】



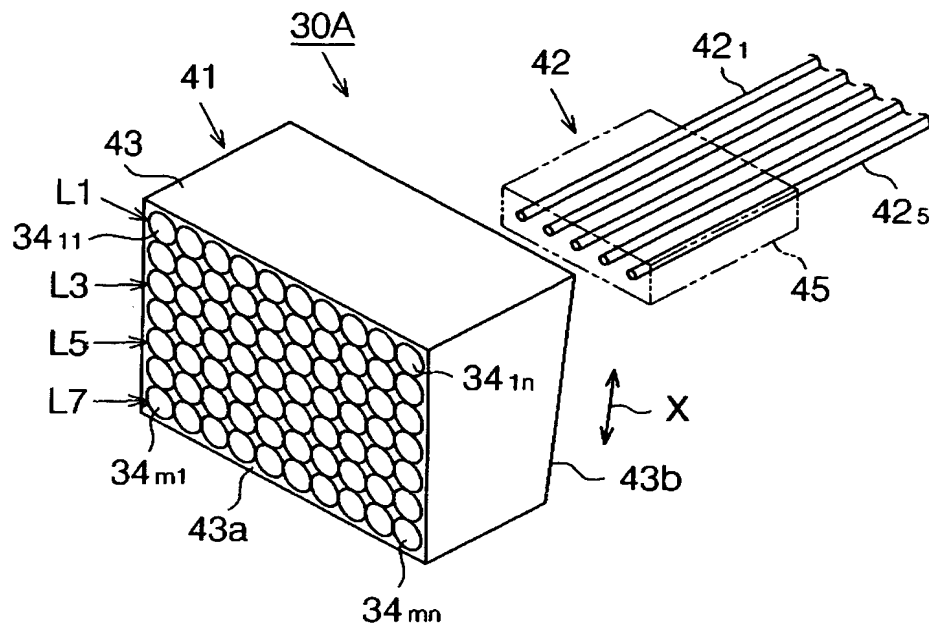
【図 2】



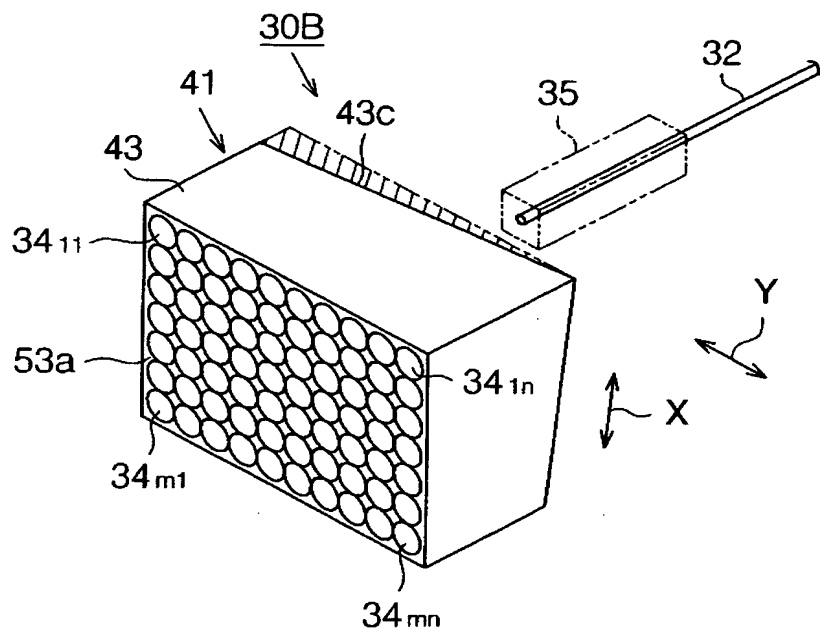
【図 3】



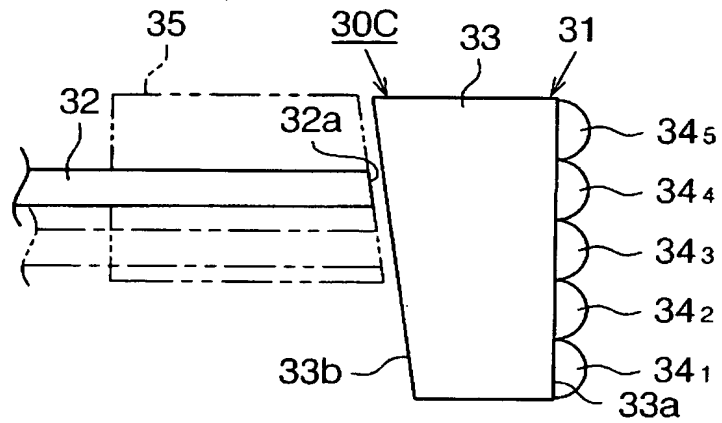
【図 4】



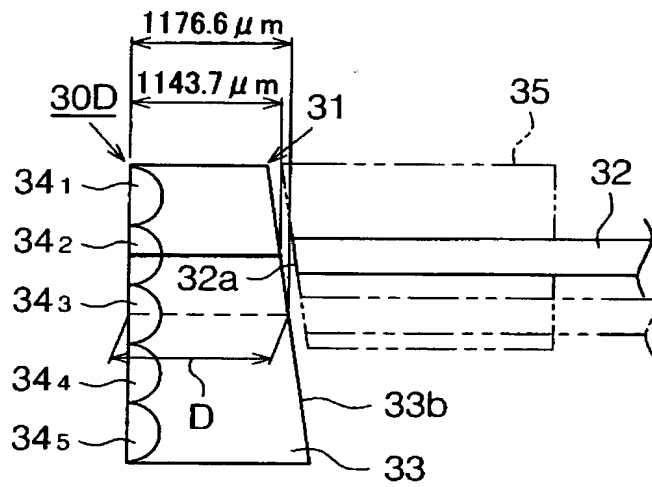
【図 5】



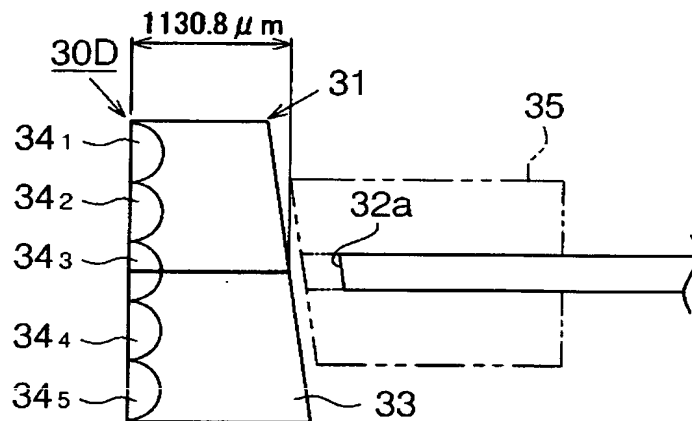
【図 6】



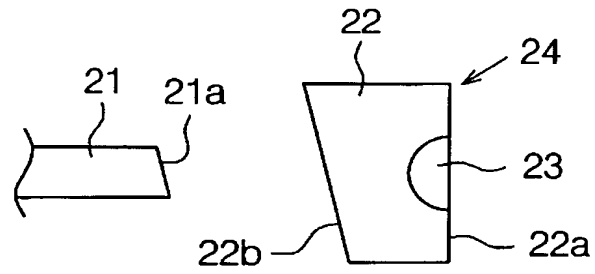
【図 7】



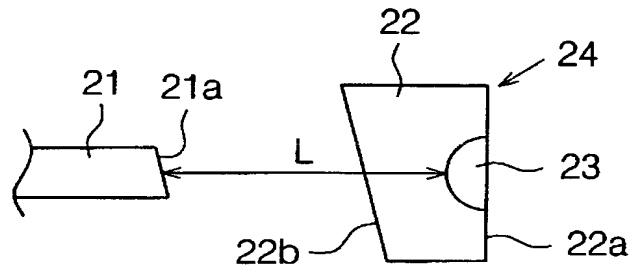
【図 8】



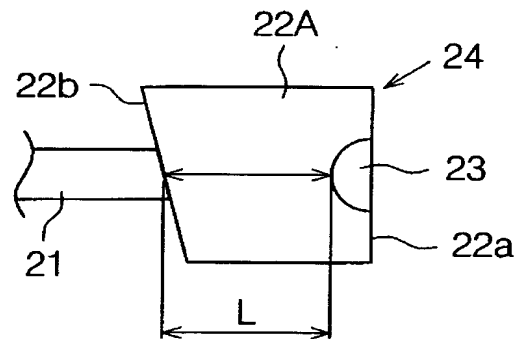
【図 9】



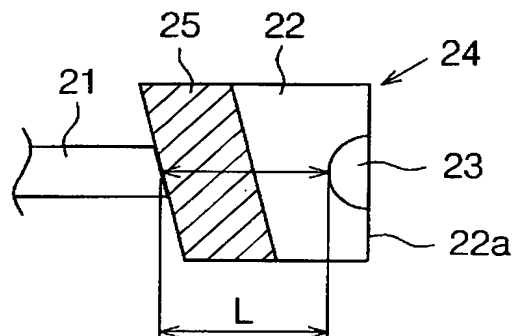
【図 10】



【図 11】



【図 12】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 歩留まりの向上と製作コストの低減を図るとともに、性能の向上を図ったマイクロレンズアレイ、マイクロレンズアレイを用いた光モジュール、及び光モジュールの位置決め方法を提供すること。

【解決手段】 3つのマイクロレンズ 3 4 1 ~ 3 4 3 の各光軸が一端面 3 3 a および傾斜面 3 3 b とそれぞれ交差する 2つの交点間の基板厚さがマイクロレンズごとに異なっている。このため、一つのレンズ基板 3 3 で寸法の異なる 3種類の基板厚さを選ぶことができる。これにより、レンズ基板 3 3 を交換せずに、最適な基板厚さを選択できる確率が増えるので、平板マイクロレンズアレイ 3 1 の不良品率が減少し、その歩留まりが向上する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 2 6 3 3 4 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 4 0 0 8]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 2 日
[変更理由] 新規登録
住 所 大阪府大阪市中央区道修町 3 丁目 5 番 1 1 号
氏 名 日本板硝子株式会社
2. 変更年月日 2 0 0 0 年 1 2 月 1 4 日
[変更理由] 住所変更
住 所 大阪府大阪市中央区北浜四丁目 7 番 2 8 号
氏 名 日本板硝子株式会社